

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Una revisión a la evaluación técnica y económica en la generación
del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar**

Por:

Clara Taciana Arhuire Surco
Esmeralda Carreon Cahuari

Asesor:

Ing. Miguel Angel Salcedo Enriquez

Juliaca, septiembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Salcedo Enriquez Miguel Angel, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “Una revisión a la evaluación técnica y económica en la generación del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar” constituye la memoria que presentan los (las) estudiantes Clara Taciana Arhuire Surco, Esmeralda Carreon Cahuari para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental – Filial Juliaca, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 09 días del mes de septiembre del año 2020



Ing. Miguel Angel Salcedo Enriquez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 09 día(s) del mes de Setiembre del año 2020, siendo las 10:30 horas

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): MSc. Rose Adeline Ballata Chura, el (la)

secretario(a): Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera y los demás miembros:

MSc. Jael Balla Balla

y el (la) asesor(a) Ing. Miguel Angel Salcedo Enriquez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Una revisión a la evaluación técnica y económica en la generación del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar"

de los (las) egresados (as): a) Glara Erciana Arhuire Surco

b) Esmeralda Cancon Bohuari

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Glara Erciana Arhuire Surco

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Buena</u>

Candidato/a (b): Esmeralda Cancon Bohuari

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Buena</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Una revisión a la evaluación técnica y económica en la generación del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar

Arhuire Surco Clara Taciana¹, Carreon Cahuari Esmeralda², Salcedo Enriquez Miguel Angel³

Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

Resumen

La generación de los residuos domésticos en nuestra actualidad es una situación preocupante para la sociedad y el medio ambiente, por lo que se pretende enfocar en el aprovechamiento de los desperdicios de casa para la generación de la energía limpia. El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la evaluación técnica y económica en la generación del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar, por medio de la revisión de investigaciones, que ayuda a evidenciar estudios del biogás. De igual forma, se exponen los tipos de biodigestores (el modelo hindú, modelo domo fijo y modelo taiwanés o tubular), esto para esclarecer su eficiencia en el ámbito económico y eficiencia, así mismo se mostró los factores a tener en cuenta para el adecuado desarrollo de los microorganismos anaeróbicos (*psicrófilos*, *mesófilo* y *termófilos*). Como conclusión, podemos mencionar que el modelo tubular es técnica y económicamente rentable por su alta eficiencia productiva, que a su vez no requiere mantenimiento profesional, y su bajo costo. Además, en comparación con invertir dinero en la banca privada, su beneficio es superior en 21,52%, siendo muy atractivo para los inversionistas.

Palabras clave: Residuos domesticos, estiércol, biodigestores, fermentación anaerobia, biogás.

Summary

The generation of domestic waste in our present time is a worrying situation for society and the environment, so it is intended to focus on the use of household waste for the generation of clean energy. The objective of this research work was to determine the technical and economic evaluation in the generation of biogas from household waste for family use, through the review of research, which helps to demonstrate studies of biogas. Likewise, the types of biodigesters (the Hindu model, fixed dome model and Taiwanese or tubular model) are presented in order to clarify their efficiency in the economic and efficiency fields, as well as the factors to be taken into account for the adequate development of anaerobic microorganisms (psychrophilic, mesophilic and thermophilic). In conclusion, we can mention that the tubular model is technically and economically profitable due to its high productive efficiency, which in turn does not require professional maintenance, and its low cost. In addition, compared to investing money in private banking, its profit is 21.52% higher, being very attractive for investors.

Keywords: Household waste, manure, biodigesters, anaerobic fermentation, biogas.

1. Introducción

Uno de los mayores problemas a nivel mundial son los residuos sólidos, que provocan la contaminación ambiental, la cual es causada por la gran cantidad de residuos orgánicos que se generan en las zonas industriales, rurales y urbanas. La mayoría de estas zonas están sin tratar. En el mejor de los casos, el proceso de aceptación de factores físicos o ambientales es inapropiado o inadecuado. Por otro lado, debido a la creciente escasez de energía y fertilizantes producidos por el desarrollo industrial y al aumento de la población, ha surgido una necesidad urgente de obtener estos recursos a través de recursos renovables, como la tecnología de tratamiento anaeróbico de residuos orgánicos (Martínez, 2013). En la actualidad, la generación de los residuos domésticos en lugares o en espacios públicos, dentro de ellos se tiene los desechos recogidos de los edificios residenciales; éstos son altísimos volúmenes de generación, a pesar de no tener una estimación exacta (Rodríguez Perdigón, 2014).

En los países de China e India desde el siglo pasado se vienen implementando los procesos fermentativos para producir el biogás y tratar ecológicamente los residuos domésticos y otros dentro de biodigestores. La utilización de microorganismos en ausencia de oxígeno, denominada digestión anaerobia es utilizada para estabilizar la materia orgánica por conversión a metano y otros productos inorgánicos, incluido dióxido de carbono, de esta manera están tratando problemas evidentes que afectan el medio ambiente y satisfacerse económicamente, en cuanto al consumo de gas (Cardenas, 2019).

En nuestro país el Ministerio de Agricultura del Perú (MINAGRI), viene impulsando la producción y el uso de los biodigestores para tratar excretas de animales a modo de activación del Biogas y los residuos convirtiéndolos en biogás, así como aplicación de políticas destinadas a establecer estrategias de promoción a nivel nacional para mejorar la calidad de vida del agricultor rural y la competitividad del agro y de esta manera contribuir al cuidado del medio ambiente desde el ámbito de la agricultura (Dgca, 2015)

El biogás es una mezcla de diferentes gases producidos por la descomposición anaeróbica de materia orgánica, como el estiércol y los residuos orgánicos. La composición química del biogás indica que el componente de mayor porcentaje es el metano (CH_4); este es el primero hidrocarburo de la serie de los alcanos y un gas de efecto invernadero (dañino para el medio ambiente). La mezcla de CH_4 con el aire puede funcionar como combustible y arde con llama azul, dando una combustión completa (Cepero, 2012). La producción de biogás ha ido en aumento en las últimas décadas revelando su importancia para el medio ambiente, para ello; las investigaciones se centran en aumentar la productividad y rendimiento, para tal fin se manejan varios parámetros como son la temperatura, materia prima, relación carbono nitrógeno y otros (Hurtado Medino, 2012)

La biomasa se considera una de las principales fuentes de energía renovable en el futuro, utilizada para la producción de biocombustibles (biogás) para reemplazar fósiles, y para la producción de electricidad y calefacción. Las frecuentes conferencias y programas internacionales relacionados con este tema demuestran que la gente está cada vez más interesada en esta forma de energía. Por otro lado, el uso adecuado de la biomasa ofrece una opción para reducir el costo operativo de los insumos energéticos. También pueden revitalizar la economía proporcionando energía de forma independiente y segura, obteniendo importantes beneficios y siendo amigables con el medio ambiente (Lagos Susaeta, 2013).

El aprovechar los residuos orgánicos (estiércol) para activar es esencial, de tal manera promueve el desarrollo con eficiencia del biogás. Por otro lado, los factores que se deben determinar en el proceso de metano, que nos permiten examinar en el proceso algunas de ellas son (temperatura, tipo de materia prima, pH (neutro), nutrientes y las concentraciones de minerales) que estas están a condiciones ambientales Según (Moreno T. M., 2011).

El uso adecuado de la biomasa puede reducir el costo operativo de la entrada de energía y Además, pueden revitalizar la economía proporcionando energía de forma independiente y segura, obteniendo así considerables beneficios. Mediante el uso racional de la biomasa disponible, las comunidades rurales y urbanas pueden lograr la autosuficiencia energética en gran medida (Albero Martínez, 2013).

Por otra parte, la generación del biogás del residuo doméstico (gas natural renovable) se puede demostrar como un biocombustible gaseoso sostenible, también el biogás de los residuos domésticos presenta un impacto mínimo en entornos sensibles. Por lo cual se pretende enfocar con el presente objetivo de esta investigación es determinar la evaluación técnica y económica en la generación del biogás a partir de residuos domésticos para uso familiar.

2. Desarrollo de la revisión

2.1. Residuos

Los residuos sólidos son un problema en las grandes ciudades, factores como el crecimiento poblacional, la concentración de la población en las áreas urbanas y el pobre desarrollo de los sectores industriales y / o comerciales han incrementado la generación de residuos sólidos (Sáez, Urdaneta, & A., 2014). La producción de desperdicios depende de la cantidad de personas, incremento de población que genera residuos sólidos domésticos, afectando indirectamente en los gastos de las personas (Guerra, 2014).

Los residuos sólidos domésticos, procedentes de hogares y los espacios públicos, que se conoce como “residuos orgánicos o desperdicios” se presentan como un problema ambiental. Los residuos orgánicos biodegradables se pueden manifestarse como una alerta a la salud humana, siempre en cuanto no se manejan ni se disponen adecuadamente (Rodríguez Perdigón, 2014).

2.2. Biodigestor

Un biodigestor es un recipiente, que puede ser elaborado con distintos materiales, es decir de ladrillo y cemento, metal o plástico; posee forma cilíndrica y con un ducto de entrada a través del cual ingresa el insumo de la materia orgánica conjuntamente con agua, y con un ducto de salida para el material ya digerido por acción bacteriana anaeróbica.

Además, un biodigestor en su forma más simple, puede ser un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro se deposita el material orgánico a fermentar, éstas pueden ser excrementos de humanos y animales, desechos vegetales, etc. La descomposición genera biogás y biol orgánicos que luego debe ser utilizado (Gonzales, 2011).

2.3. Tipos de biodigestores más comunes para uso familiar

Acercas de cómo se completa el proceso de carga, es decir el vertido del residuo orgánico al biodigestor, las más comunes se diferencian en tres tipos los cuales son: hindú, chino, Taiwanés o Tubular.

- Biodigestor tipo hindú: este biodigestor fue elaborado como consecuencia de la necesidad de buscar nuevas formas de combustibles en la India. En un reactor de ladrillos o concreto cilíndrico, coronado por una cúpula flotante donde se desplaza debajo del suelo según un axis vertical: si se produce biogás, la cúpula se desplaza hacia arriba, y si se consume el gas, se desplaza hacia abajo; de esta manera es fácil controlar la cantidad de biogás almacenada en el biodigestor. En general se usa una cúpula de acero, además también existen modelos con cúpula de plástico reforzado por fibras de vidrio o de HDPE3, sin embargo, los costos son altos en estos últimos tiempos. En cuanto a su tamaño puede variar desde 5 a 15 m³, además alcanzar 100 m³ en grandes fincas agro-industriales y la duración es más corta que el biodigestor del modelo chino, llegando a 15 años en los casos favorables, pero en zonas costeras sólo a 5 años tropicales (Palomo, 2017).
- Biodigestor tipo chino: Es elaborado al ser observado su popularidad del modelo de biodigestor hindú, es por eso que el gobierno chino realiza una adaptación de esta tecnología a sus propias necesidades, debido a que la dificultad en China no fue energética sino sanitaria. Los chinos al deshacerse de las heces humanas en las áreas rurales obtuvieron abono orgánico; con el biodigestor se eliminan los olores desagradables, al mismo tiempo se obtuvo gas para realizar la cocción de sus alimentos y el alumbrado. Los biodigestores de China funcionan bajo una presión variable porque su propósito no es producir gas natural, sino fertilizante orgánico que ha sido procesado para su uso posterior. (Cruz Tutacano , 2017).
- Biodigestor tipo Taiwanés o Tubular: este biodigestor es elaborado de materiales como: digestor de bolsa, balón o tubular el cual fue introducido en Taiwán en el año 1960. Está hecho de plástico inflable y es netamente popular en China. A la vez estos biodigestores pueden tener volúmenes desde 2.2 a 13.5m³, siendo los de 6m³ los más usados comúnmente (Tauseef & Premalatha, 2013)

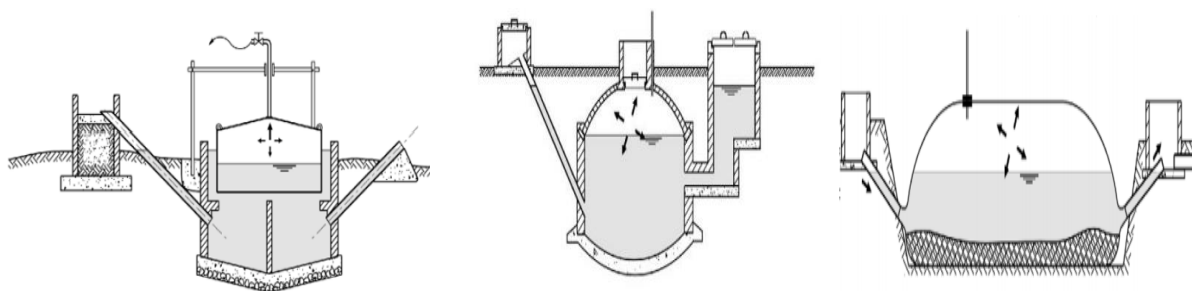


Figura 1: Diagrama de biodigestores de tipo Domo Flotante Hindú o Modelo Indiano, chino o Modelo Chino y tubular del material plástico
Fuente: Guardado (2008).

2.3.1. Biogás.

El biogás se puede designar a una mezcla de gases producidos por descomposición de la materia orgánica que realizan las bacterias en condiciones anaerobias. Durante el proceso de digestión que tiene lugar dentro del biodigestor, libera la energía química contenida en la materia orgánica se puede convertir en biogás (Uribe, 2006). Los principales componentes del biogás son el metano y el dióxido de carbono. Incluso la composición del biogás varía según la biomasa utilizada. Su composición aproximada se muestra en la Tabla 1 a continuación. (Olaya, 2009).

Tabla 1:

Composición del biogás.

Componentes	%
Metano (CH ₄)	60 -70
Dióxido de carbono (CO ₂)	25 - 35
Hidrogeno (H ₂)	1-10
Nitrógeno (N ₂)	1- 3
Acido sulfúrico (H ₂ S)	0.1

Fuente: Adaptado por (Sanchez Doza L., 2010)

Nota: El porcentaje mayor de composiciones del biogás en la tabla 1, es del componente Metano CH₄, que varía de 40 a 70%, en cuanto al compuesto menor, es el hidrogeno, que representa con un total del 1%.

2.3.1.1. Etapas de la degradación anaerobia

La materia orgánica contenida en los residuos sólidos se degrada de forma anaerobia. Como resultado de esta degradación, se desprende una mezcla gaseosa constituida fundamentalmente por metano y oxígeno. Los microorganismos responsables de esta transformación forman un ecosistema complejo, donde los residuos de la acción de unos, son aprovechados como nutrientes por otros (Padilla, 2015).

Se distinguen, de forma general, tres etapas en la degradación de la materia orgánica dentro de un vertedero.

- En la primera etapa, los compuestos orgánicos son hidrolizados y fermentados a ácidos grasos, alcoholes, hidrógeno y dióxido de carbono.
- En la segunda etapa, las bacterias acetogénicas generan ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.
- En la tercera etapa, las bacterias metanogénicas generan metano.

2.3.1.1.1. Propiedades de combustión del biogás con aire normal

Las características de combustión y su contribución a la optimización del uso y manejo seguro de los combustibles gaseosos son muy importantes para enriquecer el biodigestor aire-biogás, mejorar algunas de sus características de transporte (como la conductividad térmica) y aumentar la velocidad de reacción. La oxidación durante la combustión reduce el impacto negativo del dióxido de carbono en el biogás.

2.3.1.2. Parámetros ambientales y operacionales del proceso

Sabiendo que la digestión anaerobia es un proceso bioquímico múltiple, es necesario mantener las condiciones óptimas para la realización tanto de las reacciones químicas en el biodigestor, como las reacciones bioquímicas intracelulares; siendo algunas de estas condiciones las siguientes:

2.3.1.2.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores importantes que influyen en el proceso de digestión anaeróbica. Por lo tanto, se considera uno de los parámetros con mayor importancia al momento de diseñar el biodigestor. Ya que el nivel de las reacciones químicas y biológicas, generalmente, incrementan la temperatura, siempre en cuando que los microorganismos anaeróbicos que participan en la fermentación del material orgánico, toleren este incremento. Según otros sistemas biológicos, el proceso anaeróbico también depende en gran medida de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la tasa de crecimiento de microorganismos y se acelera el proceso de digestión. Es por eso que se recomienda establecer la temperatura para seleccionar un rango de temperatura de funcionamiento aceptable al diseñar un dispositivo de digestión biológica. (Casilla, 2019).

Existen tres rangos de temperatura en los que los microorganismos anaeróbicos pueden desarrollar su trabajo (ver Tabla 2): ya sea psicrófilos, mesófilos y termófilos. Cuando estos microorganismos se encuentran en el rango óptimo, la velocidad máxima específica de crecimiento μ_{max} (velocidad máxima) es mayor, conforme va aumentando el rango de temperatura, existe un intervalo para afirmar el parámetro cuando se hace máximo, para determinar la mejor temperatura de trabajo para cada ubicación del rango de funcionamiento posible. A continuación, se presenta los rangos de temperatura de los microorganismos anaeróbicos (Díaz, 2016).

Tabla 2:

Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
<i>Psicrófilos</i>	5-10 °C	15-18°C	20-25°C	Más de 100 días
<i>Mesófilos</i>	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
<i>Termófilos</i>	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Fuente: Adaptado por Capurro Navarro, 2018

2.3.1.2.2. Rangos de pH y alcalinidad

El desarrollo anaeróbico es afectado por los cambios en los niveles de pH (Cuando están fuera del rango óptimo). Los microorganismos anaeróbicos *Mesófilos* son más dependientes a las variaciones de pH que los demás microorganismos de la sociedad microbiana anaeróbica. Los diversos grupos bacterianos presentes en el desarrollo de digestión anaeróbica muestran algunos niveles de actividad óptimos en torno a la neutralidad. El óptimo varía desde 5.5 a 6.5, esto es para ácido génicos y entre 7.8 a 8.2 para *Mesófilos*. En cuanto el pH óptimo para los cultivos mixtos se encuentra en el rango desde 6.8 a 7.4, siendo el pH neutro el ideal. Por tanto, para que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el pH debe mantenerse entre 6,0 y 8,0. El valor de pH en el digestor determina no solo la productividad, sino también la composición del biogás. (Moreno M. , 2011).

2.3.1.3. Usos

En principio, el biogás se puede utilizar en cualquier tipo de equipo comercial de gas natural, como se resume en la Figura 2. Posibles aplicaciones.

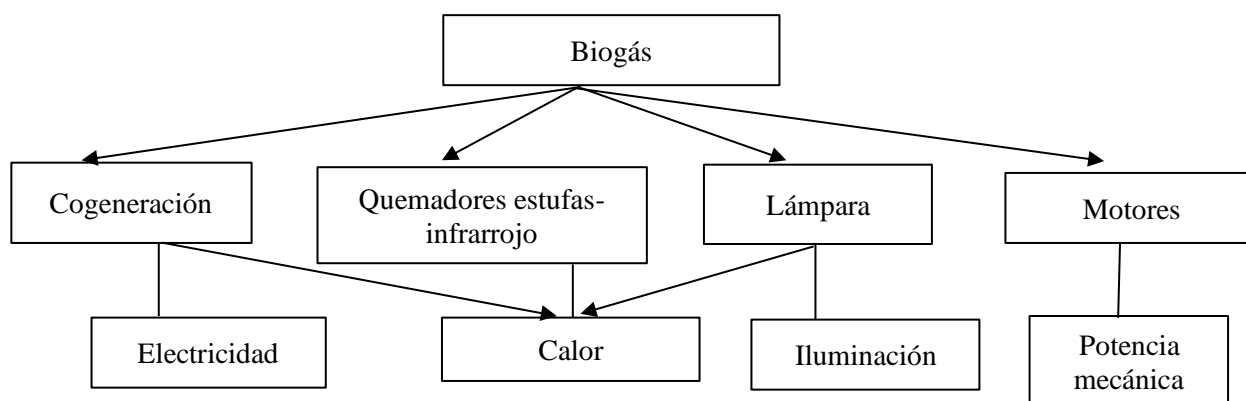


Figura 2: Aplicaciones del biogás.

Fuente: Adaptado por (Apaza, 2011).

2.4. Análisis de la investigación

2.4.1. El Biogás en América Latina y su viabilidad técnica y económica

A mediados del año 90 el modelo Taiwán se implementó a fines de generar biogás en América Latina, obteniendo un gran desarrollo en algunos países. A continuación, se da a conocer algunos países latinoamericanos que están involucrados con la generación de biogás, a partir de residuos urbanos (Paucar Malpica & Quispe Astucuri, 2015).

2.4.1.1. Nicaragua

Este estudio fue realizado por la organización de desarrollo holandesa SNV, con el propósito de evaluar la implementación de biogás nacional de Nicaragua, quien evaluó la factibilidad técnica con base en el modelo de biodigestor existente y la disponibilidad de materiales locales y la oferta de crédito financiero. Con base en el análisis financiero comparativo de los dos modelos de digestor de biogás, Se evaluaron los usos técnicos y económicos del biogás. Los dos modelos de digestor de biogás son modelos de cúpula fija y modelos de bolsa plástica, o Taiwán en términos de costo y vida útil.

2.4.1.1.1. Aspecto de rentabilidad técnico y económico de la obtención del biogás

La factibilidad económica del uso del biogás nos proporciona una idea del alcance económico total, que puede significar para cada uno de los beneficiarios, durante el ciclo de vida del biodigestor. Para el cual se efectuó de manera comparativa utilizando los modelos de saco plástico o Taiwán y el modelo de domo fijo o chino. Se consideró que en ambos casos una planta de biogás de 4 m³ es suficiente para sustituir 50% de la leña que se consume a nivel rural. Se consideró una familia de 6 personas con un consumo per cápita de 2.067 Kg/día (Severiche Sierra & Acevedo Barrios, 2015).

Tabla 3

Biodigestor tipo domo y Taiwán

Nº	Biodigestores	tiempo de duración	Costo US\$ (Dólar)	Costo en S/
1	domo fijo	15 años	717	2541.69
2	Taiwán	5 - 6 años	649	2300.63

Fuente: Adaptado por (Severiche Sierra & Acevedo Barrios, 2015).

2.4.1.2. Perú

2.4.1.2.1. Obtención de biogás a partir de residuos orgánicos generados por usuarios residenciales en la región Piura.

Para obtener biogás en Piura, en primer lugar, se enfoca en tres aspectos: primero, Estimar la cantidad de residuos orgánicos generados a nivel residencial para determinar el potencial de generación de biogás; en segundo lugar, analizar y determinar las tecnologías disponibles para los usuarios. Residencial, producción eficaz de biogás. Finalmente, la viabilidad técnica y Economía y análisis del impacto del sistema en el medio ambiente y la sociedad. El presente proyecto muestra, que es rentable con un 21.52% más en comparación a invertir el dinero en una entidad bancaria, siendo este un parámetro muy atractivo para el inversionista. También se observa que hay una ganancia de 5900 soles, que es aproximadamente el 120% de la inversión inicial. Con base en estos parámetros, se puede deducir un promedio de 3 a 4 años de retornos de inversión. Para decidir si invertir en el sistema de digestión biológica es necesario realizar un mayor análisis de los riesgos que traen dichos proyectos, sin embargo, de los aspectos financieros, ambientales y sociales anteriores se puede concluir que el proyecto es factible para Piura (Daniel Marcelo & Viera Sernaqué).

2.4.1.2.2. Aspecto económico sobre la obtención del biogás en la región de Piura

A continuación se describen los costos y beneficios inherentes de instalar y operar biodigestantes de manera general. Para ello, se muestra y analiza el costo de tres tamaños diferentes de biodigestibles, y el Según la cantidad de aguas residuales que cada piso aislado pueda tratar por día (Castro, 2015).

Tabla 4

Capacidad del biodigestor m³ diarios que pueden tratar en cada piso térmico

Medida del Biodigestor	Cálido	Medio	Frío
10 m ³	0.83	0.58	0.45
55 m ³	4.58	3.23	2.5
270 m ³	22.5	-15.88	12.27

Fuente: Adaptado por (Castro, 2015).

2.4.1.2.3. Aspecto de la rentabilidad del biogás

En el aspecto de la rentabilidad, se puede decir que es ineficiente ya que se requiere de otros combustibles o desechos de heces de animales ya que depende de esto para la obtención del biogás (Quispe, 2016). En cuanto aspecto de la rentabilidad se puede destacar, que es eficiente el uso de biogás en zonas urbanas que tengan escasos ingresos y cuenten con granjas que generen residuos (heces), de acuerdo a estudios que se tiene que el “5% de la comida de los restaurantes se va a la basura” dado que es común que los comensales no ingieran una parte del platillo principal o haya desperdicio al preparar los platillos (Severiche, 2016).

2.4.1.2.4. Análisis económico y financiero

Se seleccionó el biodigestor de la marca Home Biogas. Se cotizó el equipo directamente con la empresa que los fabrica. Se escogió este biodigestor porque es la opción más rentable actualmente, además dispone de envíos a nivel internacional, incluyendo el Perú.

Tabla 5

Costo del Equipo y Envío a Perú.

Descripción	Valor (dólares)
Costo del Equipo	1090
Costo de envío a Perú	140

Fuente: Adaptado por (Daniel Marcelo & Viera Sernaqué)

2.4.2. Aspecto económico para la obtención del biogás

Mediante el uso de combustibles fósiles, las necesidades energéticas de nuestro planeta pueden satisfacer hasta el 90% de la demanda. (Petróleo, GLP, carbón), todas estas sustancias se extinguirán en un futuro próximo, con grave contaminación y uso ineficiente (Barrios). Del mismo modo, la escasez de energía en las zonas rurales de los países en desarrollo ha obligado a los residentes a utilizar leña (talan bosques) y secar residuos agrícolas (estiércol y fertilizantes y residuos de cosecha) (Severiche, 2016).

En cuanto al aspecto económico se realizó una estimación del gasto mensual en el que incurría la familia agropecuaria en la adquisición de combustibles y se ha calculado que este monto asciende a S/.520.00 (Martínez, 2016).

Según (Quispe, 2016), el tiempo de recuperación de la inversión es de 1.39 años, lo que equivale a 1 año, 4 meses y 21 días, lo que nos indica que el proyecto es rentable y poco riesgoso, ya que el tiempo de recuperación es corto.

2.4.3. Aspecto de la rentabilidad para la obtención del biogás

Para poder identificar la importancia de la rentabilidad, se debe estandarizar el medio por la cual obtenemos este dato. Para esto, se tiene en cuenta los siguientes criterios (Morcella, 2014).

Tabla 6

El criterio es: Naturaleza, Magnitud, Importancia, Reversibilidad y la duración.

Criterios	Valorización
Corteza	(P) Probable. El impacto ocurrirá con una probabilidad entre 50 y 75%. (I) Improbable. El Impacto ocurrirá con una probabilidad menor al 50%
Tipo	(PR) Primario. El impacto es consecuencia directa de la construcción u operación del proyecto. (SC) Secundario. El impacto es consecuencia indirecta de la construcción u operación del proyecto. (AC) Acumulativos, impactos individuales repetitivos dan lugar a otros de mayor impacto
Tiempo en aparecer	(C) Corto plazo, el tiempo en aparecer es inmediatamente o dentro de los 3 meses posteriores a la implementación del proyecto. (M) Mediano plazo. El tiempo en aparecer está entre los 3 meses y 3 años después de la implementación del proyecto. (L) Largo plazo. El impacto aparece después de los 3 años de implementar el proyecto.

Fuente: Adaptado por (Severiche, 2016).

2.4.3.1. Costo de Instalación

En el aspecto de la instalación no existe algún costo de instalación, ya que el equipo trae consigo una guía completa paso a paso de como instalarlo, así como las recomendaciones para su óptima ubicación y manipulación del biodigestor.

Se puede decir que el proyecto elaborado en Piura es rentable, debido a que el 21.52% se puede invertir en una cantidad bancaria, siendo este un parámetro muy atractivo para el inversionista. También se observa que existe una utilidad de 5900 soles, lo cual es aproximadamente el 120% de la inversión inicial. Teniendo estos parámetros se puede deducir el retorno de la inversión en un promedio de 3 a 4 años, otro factor muy importante a la hora de tomar la decisión en invertir en un proyecto como éste. Para poder decidir si se invierte en un sistema biodigestor, es necesario realizar un mayor análisis en el riesgo que posee este tipo de proyectos, sin embargo, con los aspectos financieros, ambientales y sociales mencionados anteriormente, se puede concluir que el proyecto es factible.

2.4.4. Costos de construcción detallados de biodigestor Taiwanés

En el Perú se realizan las instalaciones de los biodigestores de modelos Taiwanés o tubular de Geomembrana, la principal construcción de los modelos son el de tipo Taiwanés. En la siguiente tabla se tiene el precio dependiendo del volumen total para el modelo de tubular geomembrana y el tipo de Taiwanés, ya que biodigestores de mayor tamaño están orientados a pequeños hatos ganaderos o propietarios de granjas de mediano tamaño (Hivos, SNV, & Soluciones Prácticas, 2015).

Tabla 7

Volúmenes y precios propuestos para los biodigestores del tipo Tubular y Taiwanés.

Nombre	Volumen	Costo S/
Biodigestor Tubular Geomembrana	8.5 m ³	2034.54
	11.5 m ³	2552.8
	17.5m ³	3128.3
Biodigestor Taiwanés	4 m ³	2558.22
	6m ³	2923.66
	9m ³	3851.07

Fuente: Adaptado por (Hivos, SNV, & Soluciones Prácticas, 2015).

2.4.4.1. Costos y subsidio a la inversión

Una de las formas para hacer que los pobladores de campo con pocos ingresos puedan acceder a esta tecnología será por medio de un subsidio. Este subsidio corresponderá a un 20% del costo total del sistema, teniendo ellos que invertir el valor restante del dinero. Este subsidio también será posible para biodigestores de mayores tamaños a los que el programa propone. La Tabla 8 muestra el subsidio para biodigestores tubulares de Geomembrana de 8,5 m³ y 11.5m³ y un Taiwanés de 6m³ y 9m³ respectivamente (García Zabaleta, Alamo Viera, & Marcelo Aldana, 2017).

Tabla 8

Subsidio para los principales modelos a instalar.

Región	Modelo			Costo US\$			Modelo			Costo US\$		
	Geomembrana	Total	Subsidio	Contraparte	Camartec	Total	Subsidio	Contraparte	Geomembrana	Total	Subsidio	Contraparte
Costa/Selva		767.75	153.55	614.20		965.37	193.07	772.29				
Sierra		963.32	192.66	770.66		1,103.27	220.65	882.61				

Fuente: Adaptado por (García Zabaleta, Alamo Viera, & Marcelo Aldana, 2017).

2.4.5. Las Ventajas y desventajas de biodigestores domésticos más comunes

Tabla 9

Ventajas y desventajas de los biodigestores (hindú, chino, Taiwanés).

Biodigestor	Ventajas	Desventajas
Modelo Hindú	Es fácil de construir Se puede visualizar el volumen del biogás almacenado	La cúpula de acero tiene un costo alto. la parte del acero es corrosivo y por ende tienen menor tiempo de vida (5años). El mantenimiento de la cúpula tiene mayor costo, en cuanto a su mantenimiento. Si el alimento contiene objetos flotantes (como fibra o paja), el barómetro puede estar bloqueado por partículas.
Modelo Chino y Camartec	Si la construcción es buena, su tiempo de vida es larga. El costo de la construcción es menor a la cúpula Flotante Su construcción debajo del suelo, no ocupa espacio en la superficie y es protegido a los cambios de temperatura Requiere menor cantidad de agua, para generar biogás.	Debido a la presión del gas, puede existir pérdidas. la construcción y mantenimiento es complejo. La presión del gas varía en cuanto a su volumen. en su construcción, se requiere de personal experto la construcción bajo el suelo afecta, en cuanto a su temperatura.
Modelo Taiwanés (de polietileno o geomembrana)	El costo es menor a los demás modelos. Fácil de manejar y transportar. La reparación es rápida Fácil de alcanzar una temperatura de digestión más alta (Puede utilizar calefacción solar. Es muy fácil de limpiar, vaciar y mantener	La materia es sensible (el polietileno es mayor que la geomembrana) requiere protección para evitar daños, sea de animales u otros objetos. El promedio de vida es de 5 años, si este no es cuidado. Ocupa espacio en la superficie porque no está completamente enterrado. Requiere una cantidad mayor, a diferencia del modelo chino.

Fuente: Adaptado por (Arrieta, 2016).

2.5. Beneficios de la producción de Biogás

La digestión anaeróbica de residuos orgánicos ofrece muchos beneficios; esto incluye la generación energías limpias, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles, la creación de empleo, y el cierre del ciclo de los nutrientes. Además, transforma residuos orgánicos en recursos valiosos y, al mismo tiempo, reduce los volúmenes de residuos sólidos y por lo tanto los costos de eliminación de residuos (vógeli, 2014). Asimismo, el biogás como fuente de energía renovable no sólo mejora el balance energético de un país, sino que también contribuye a la preservación de los recursos naturales mediante la reducción de la deforestación y de protección del medio ambiente mediante la reducción de la contaminación de los residuos y el uso de combustibles fósiles (vógeli, 2014). De acuerdo con Sillo, Quiroz, & Gorreita (2013), el uso de biodigestores para la producción de biogás trae consigo diversos beneficios. En primer lugar, obtendrá un tipo que se puede utilizar para iluminación, calefacción y La cocción, principalmente gas metano, es muy similar al gas butano y propano que se vende en el mercado. Además, de manera secundaria, se obtiene un fertilizante natural y gratuito llamado biol, que mejora el rendimiento de los cultivos hasta en un 50%, éste se puede utilizar directamente sobre la tierra, como pretratamiento sobre las semillas (Palacios, 2015). Respecto a la salud, al quemar el biogás para cocinar no se produce humo que es perjudicial para los pulmones, también el manchado de las paredes de la cocina y las ollas dejan de estar cubiertos con hollín negro. Asimismo, al introducir residuos orgánicos en el biodigestor elimina olores, focos de infección y moscas; ello también tiene una repercusión importante respecto al cambio climático, ya que mitiga la emisión de gases de efecto invernadero, tanto por la captura de metano emitido desde la gestión tradicional de los residuos orgánicos y por el uso de esta materia prima como fuente de energía para desplazar biomasa y combustibles fósiles (vógeli, 2014).

3. Conclusiones

Por tanto, como conclusión, podemos mencionar que, a través de una revisión de la investigación, encontramos que el modelo tubular es técnicamente rentable por su alta eficiencia productiva, que a su vez no requiere mantenimiento profesional y desde el punto de vista económico, esto es factible porque su costo (\$ / 2300.63) es menor que el de otros digestores biológicos. Además, en comparación con los bancos de inversión, sus beneficios son un 21,52% superiores, lo que es un parámetro muy atractivo para los inversores.

4. Bibliografía

- Albero Martinez, A. (2013). *Evaluación técnica -económica para la implementación de una planta de biogás para los residuos de la UEB*. Cuba.
- Albero Martinez, A. (2013). *Evaluación técnica -económica para la implementación de una planta de biogás para los residuos de la UEB*. Cuba.
- Apaza, J. (2011). *Manual para la producción de Biogas*. Perú.
- Arrieta, W. (2016). *Diseño De Un Biodigestor Doméstico Para El Aprovechamiento Energético Del Estiércol De Ganado*. Piura-Lima.
- Barrios, R. A. (s.f.). *Biogas energía suceptible a nuestros recursos*. Colombia.
- Capurro Navarro, M. (2018). *Optimización de la producción de metano a partir de los residuos cerveceros en la cerveceria Barranco beer company*. Lima-Peru.
- Cardenas , J. (2019). *Evaluación de la calidad de biogás y biol en biodigestores utilizando estiércol de vaca y residuos orgánicos del comedor pre-tratados con la técnica del bokashi en la UNALM*. Lima - Perú.
- Casilla, L. (2019). *Análisis Y Alternativas De Solución Para La Producción De Biogás Con Residuos Sólidos De La Laguna De Oxidación Espinar – Puno, Periodo 2018*. Perú-Puno.
- Castro, R. (2015). *Biogás en la región de Piura*. Colombia.
- Cepero, L. (2012). *Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores*. Perú.
- Cruz Tutacano , E. (2017). *Diseño De Un Bioreactor Para Generar Biogás a Partir de Desechos Orgánicos de Animales en la Irrigación de Majes*. Arequipa.
- Daniel Marcelo , A., & Viera Sernaqué, J. (s.f.). *Proyecto de implementación de sistemas biodigestores para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por usuarios residenciales en la resiión Piura*. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería , Lima.
- Dgca. (2015). *Perú promoverá producción y uso de biodigestores y biogas*. Lima - Perú.
- Diaz, Y. (2016). *Influencia De La Temperatura En La Producción Del Biogás*.
- García Zabaleta, R. S., Alamo Viera, M. V., & Marcelo Aldana, M. D. (2017). *Diseño de un biodigestor tubular para zonas rurales de la región Piura*. Huaraz.
- Gonzales, D. (23 de Septiembre de 2011). *Diseño y Fabricacion de un prototipo para la obtencion de biogas*.
- Guardado Chacon, J. A. (14 de Octubre de 2008). *Diseño y construccion de plantas de biogas sencillas*. Mexico.
- Guerra, E. E. (2014). *Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste*. *Cubana de higiene y Epidemiología*, 271, 272.
- Hivos, SNV, & Soluciones Prácticas. (2015). *Plan del programa nacional de biodigestores en Perú*. Lima.
- Hurtado Medino, A. (2012). *Reducción De Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Producidas Por La Biomasa De Residuos Orgánicos Agropecuarios Chulucanas*. Piura - Perú.
- Lagos Susaeta, F. (2013). *Análisis De Factibilidad Técnica Y Económica De La Generación De Biogás A Partir De Purines Mediante Biodigestores Anaerobios*. Santiago - Chile.
- Martinez, A. (2013). *Evaluación técnica -económica para la implementación de una planta de biogás para los residuos de la UEB"Complejo Guayos"*. Cuba.
- Martínez, A. (2016). *Eficiencia del biogas en zonas urbanas*. Colombia.
- Morcella, P. (2014). *Aspecto de la rentabilidad del biogas*. Colombia.
- Moreno, M. (2011). *Manual del Biogas*. Chile.
- Moreno, T. M. (2011). *Manual de biogás*. Chile.
- Olaya, Y. (2009). *Fundamentos para el diseño de Biodigestores*. Colombia.
- Padilla, A. (2015). *La materia orgánica contenida Orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna*. Huaca de la Luna-Peru.
- Palacios, W. (2015). *Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energetico del estiercol de ganado*. Piura - Perú.
- Palomo, A. (2017). *"Estudio de factibilidad de instalación de una planta de biogás en el establecimiento avícola "Ponedoras del Neuquén" "*.
- Paucar Malpica, L., & Quispe Astucuri, M. E. (2015). *"Producción y evaluación de la calidad del biogás y biol en un biodigestor usando estiercol de codorniz de la granja V.A. velebit S.A.C. ubicada en el distrito de Lurigancho - Chosica"*. Lima - Perú: Fundeagro-Ecuador 69.
- Quispe, M. (2016). *Obtención del biogás a partir de los residuos urbanos*. Ecuador.
- Rodriguez Perdigón, A. L. (2014). *Viabilidad técnica para producción de biogás a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos - forsu*. Bogotá.
- Sáez , A., Urdaneta, G., & A., J. (2014). *Manejo de residuos sólidos en America Latina y el Caribe*. *Omnia*, 123.
- Sanchez Doza, A. H. (2009). *Evaluación técnica y propuesta de purificación del biogás obtenido en la cervecera amazónica SAC*. Equitos - Peru.

- Sanchez Doza, L. (2010). *Evaluación técnica y propuesta de purificación del biogás obtenido en la cervecera amazónica SAC*. Perú.
- Severiche Sierra, C. A., & Acevedo Barrios, R. L. (2015). *Biogas a partir de residuos organicos y su apuesta como combustible de segunda generación*. Peru.
- Severiche, S. C. (2016). *Biogas a partir de residuos organicos y su apuesta como combustible de segunda generación*. Ecuador.
- Tauseef, & Premalatha. (2013). Methane capture from livestock manure. En Tauseef, *Journal of Environmental Management*. India.
- Uribe , V. (2006). *Implementacion de un sistema de generacion de Biogas y de abono biologico mediante el tratamiento de residuos producidos en una granja hidroindustrial*. Colombia.
- vógeli, D. L. (2014). *Energias renovables "producción de biogás"*. Colombia.